

## TOMATICULTURA: ASPECTOS MORFOLÓGICOS E PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO FRUTO

### TOMATO PRODUCTION: MORPHOLOGICAL ASPECTS AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF FRUIT

Joicy Vitória Miranda Peixoto<sup>1</sup>, Emmerson Rodrigues de Moraes<sup>2</sup>, Jéssica Laura Miranda Peixoto<sup>3</sup>, Abadia dos Reis Nascimento<sup>4</sup>, Jordana Guimarães Neves<sup>5</sup>

M.Sc. em Produção Vegetal, Universidade Federal De Uberlândia<sup>1</sup>, M.Sc. em Solos e nutrição de plantas, Universidade Federal De Uberlândia<sup>2</sup>, Téc. em Agropecuária, Universidade Federal De Uberlândia<sup>3</sup>, Pós-Dr. na área de hortaliças, Universidade Federal De Goiás<sup>4</sup>, Eng. Agrônoma, Universidade Federal De Goiás<sup>5</sup>

#### RESUMO

O tomateiro é uma importante cultura tanto no cenário nacional, quanto no internacional, sendo a segunda hortaliça mais produzida no mundo. Os frutos de tomate possuem importância nutricional, pois é fonte de vários nutrientes fundamentais à dieta balanceada como vitamina C, pró-vitamina A (beta-caroteno) e antioxidantes (licopeno e outros carotenóides). A importância social e econômica da cultura está mundialmente associada à geração de emprego e fonte de renda para várias famílias. A exigência do consumidor e a concorrência imposta pelo mercado globalizado têm forçado a produção de alimentos com alto padrão nutricional, melhores características sensoriais e de qualidade. Devido sua importância torna-se indispensável a disponibilização de cultivares melhoradas que proporcionem maior rentabilidade ao produtor, que atendam satisfatoriamente ao mercado de fruto in natura e à indústria de processamento. Diante dos benefícios do tomate e de sua relevância no país, objetivou-se com esta revisão relatar as principais características morfológicas da planta e as propriedades físico-químicas relacionados ao fruto desejáveis ao consumidor e à indústria de processamento. A seleção de genótipos superiores nas condições edafoclimáticas do Brasil, que combinem alta produtividade, qualidade nutricional, boa aparência externa do fruto, resistência a pragas e doenças e que demandem menor quantidade de água durante o seu ciclo são fundamentais.

**Palavra-chave:** características de qualidade; melhoramento genético; *Solanum lycopersicum* L.

### TOMATICULTURA: MORPHOLOGICAL ASPECTS OF THE PLANT AND PHYSICAL- CHEMICAL PROPERTIES OF THE FRUIT

#### ABSTRACT

The tomato is an important crop in both the national scene, and internationally, being the second most produced vegetable in the world. The fruits of tomato have nutritional importance, since it is the source of several nutrients fundamental to the balanced diet as vitamin C, pro-vitamin A (betacarotene) and antioxidants (lycopene and other carotenoids). The social and economic importance of culture is associated worldwide with the generation of employment and source of funds for family. The demand of the consumer and the competition imposed by the globalized market have forced the production of foods with high nutritional standard, better sensorial characteristics and of quality. Due to its importance it becomes indispensable to the availability of improved cultivars that provide greater profitability to the producer which satisfies the market in fresh fruit and the processing industry. Given the benefits of the tomato and its relevance in the country, this review aimed to report the main morphological characteristics of the plant and the physicochemical properties related to the fruit desirable to the consumer and the processing industry. The selection of superior genotypes in Brazil's edaphoclimatic conditions, combining high productivity, nutritional quality, good external appearance of the fruit, resistance to pests and diseases and requiring less water during its cycle are fundamental.

**Keywords:** quality characteristics; genetical improvement; *Solanum lycopersicum* L.

## 1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das frutas mais consumidas e populares do mundo (NASIR et al., 2015; STAJCIC´et al. 2015). O Brasil manteve-se desde 2006 até 2013 como o quarto maior produtor mundial de tomates, cuja produção anual foi de 4,2 milhões de toneladas (t), sendo precedido pela China, Estados Unidos e Turquia (AGRIANUAL, 2016). O Estado de Goiás é o maior produtor de tomate no Brasil, seguido pelos estados de Minas Gerais e São Paulo. Goiás produziu no ano de 2014 a quantidade de 1,025 milhões de toneladas de frutos, enquanto o segundo estado produziu 674 mil e o terceiro 11 mil t em áreas de 11653 , 9311 e 1303 hectares respectivamente (IBGE, 2015). A cultura do tomate é responsável pela geração de empregos e de renda tanto de forma direta quanto indireta para muitas famílias (SOUZA et al., 2010; VILELA et al., 2012).

A importância econômica do tomate é intrinsecamente relacionada aos seus atributos nutricionais, com ênfase à sua riqueza em compostos antioxidantes naturais (ILAHY et al., 2011). O fruto do tomate é rico, ainda, em vitaminas A ( $\beta$  caroteno), B1(tiamina), B2 (riboflavina), B5 (niacina) e C, e possui fibras, proteínas, carboidratos, minerais e possui baixo valor calórico (ALVARENGA e COELHO, 2013). O tomate é consumido na forma in natura e também na forma processada como concentrados e molhos de tomate (VILELA et al.,2012).

Os aspectos qualitativos do fruto são de vital importância, influenciando diretamente na tomada de decisão do consumidor no momento da compra. O consumidor no momento da

compra prefere frutos firmes, de coloração uniforme, sem manchas e ferimentos, e valoriza o fruto orgânico. Os produtores de tomate por sua vez preocupam-se em produzir com menor custo, maior produtividade e qualidade, agregando conseqüentemente valor ao produto final.

Os parâmetros de qualidade desejados pelo consumidor, além de altas produtividades buscadas pelos produtores, podem ser obtidos por meio do melhoramento genético. No entanto, desde a década de noventa vêm ocorrendo redução nas atividades dos programas de pesquisa e desenvolvimento do melhoramento do tomateiro. As companhias de sementes transnacionais estão limitando suas atividades de pesquisa a trabalhos de adaptação de híbridos provenientes de outros países às condições brasileiras (MELO e VILELA, 2005), enquanto uma alternativa mais promissora é a obtenção de genótipos melhorados para as condições edafoclimáticas das regiões brasileiras a partir de genótipos nacionais.

O tomateiro possui grande variabilidade genética (MOHAMED et al., 2012), permitindo a seleção de genótipos melhor adaptados a região de interesse e que reproduzam com eficiência o seu potencial genético. A observação do comportamento dos genótipos quanto à produção de frutos, número de ramos foliares e ráculos florais, além dos componentes de qualidade do fruto como teor de sólidos solúveis, acidez titulável, pH, vitamina C, massa e tamanho do fruto dentre outros caracteres é fundamental na escolha de genótipos superiores.

O melhoramento do tomateiro para consumo in natura priorizou as características de produtividade, resistência às doenças, adaptações às condições de cultivo em ambiente protegido, não levando muito em consideração a qualidade sensorial do fruto. Para atender este atributo, o melhorista precisa de um eficiente critério de seleção, além de conhecer o potencial de melhoria por meio da variabilidade genética dos genótipos, a herança e influência das condições de crescimento e do ambiente nas características de qualidade (CAUSSE et al., 2003).

A arquitetura da planta de tomateiro influencia o seu rendimento, alterando o crescimento relativo e a posição dos órgãos vegetativos e reprodutivos no dossel da planta, o que conseqüentemente afeta a colheita dos frutos (VICENTE et al., 2015). A quantidade de frutos produzidos nesta cultura pode ser aumentada por meio do plantio em menores espaçamentos e também pela condução de maior número de hastes por planta (HEINE, 2012). O número de ráculos florais por planta é um dos melhores critérios de seleção de

variedades quanto ao rendimento e tamanho do fruto, pois esse caráter influencia diretamente a produção de frutos (PANDEY et al., 2006).

Os atributos de qualidade como cor, firmeza, teor de sólidos solúveis, acidez total titulável, pH dentre outros e o estágio de maturação são importantes quanto à comercialização do fruto. Estes juntamente com o tamanho, forma e aparência externa do fruto influenciam a escolha do consumidor (FERREIRA et al., 2010).

Diante deste contexto objetivou-se com esta revisão descrever as principais características morfológicas da planta e as propriedades físicas e químicas do fruto desejáveis ao consumidor e à indústria de processamento.

## 2. ASPECTOS GERAIS DA CULTURA

O tomateiro possui a região andina como centro de origem, desde o Equador, passando pela Colômbia, Peru, Bolívia, até o Norte do Chile. Já o centro de domesticação encontra-se no México mais precisamente nas regiões de Puebla e Vera Cruz. A cultura foi introduzida no Brasil por imigrantes europeus, principalmente italianos, espanhóis e portugueses, no final do século XIX. No entanto, a difusão e o incremento no consumo iniciaram após a primeira guerra mundial, por volta de 1930 (ALVARENGA, 2013).

A espécie *Solanum lycopersicum* (tomate) pertence à ordem Tubiflorae e família Solanaceae, sendo uma planta dicotiledônea. Esta espécie possui como ancestral selvagem *Lycopersicum esculentum* var. *cerasiforme*, conhecido por “tomate cereja” (FILGUEIRA, 2008). O tomateiro é uma planta herbácea, com caule flexível e piloso, cuja arquitetura natural lembra uma moita, com abundantes ramificações laterais, sendo profundamente modificada pela prática da poda (SILVA e VALE, 2007). Acredita-se que as cultivares atuais tem estiletos curtos, devido à seleção realizada durante a domesticação da espécie. Estas cultivares são linhagens uniformes, sendo as plantas tipicamente autógamas com baixa polinização cruzada. Já as espécies silvestres possuem estiletos mais longos, sendo dependentes de insetos para polinização (GIORDANO e RIBEIRO, 2000).

Em regiões com altitude de 700 m, a cultura pode ser implantada em qualquer época do ano. Já em locais de menor altitude o plantio de primavera/verão em que o ciclo posterior ao transplante ocorre entre 21/09 a 20/03 deve ser evitado, enquanto, em maior altitude o

plantio de outono/inverno em que o ciclo após o transplante ocorre entre 21/03 e 20/12 não devem ser efetuados (FONTES e SILVA, 2005).

O sucesso do cultivo de tomate depende da escolha da área de plantio, preparo do solo incluindo calagem e fertilização, escolha da variedade e o cuidado com a cultura ao longo do seu desenvolvimento e crescimento (CARVER, 2008). A cultura do tomate adapta-se bem a diferentes tipos de solo, desde os solos ácidos de textura arenosa até solos pesados e os ligeiramente alcalinos. Do ponto de vista físico é conveniente evitar solos com grande quantidade de partículas finas, pois estes possuem a tendência de se compactarem durante o cultivo. Isto dificulta a penetração da água de irrigação levando conseqüentemente à asfixia radicular (RINCON, 1995).

## **2.1. MORFOLOGIA DA PLANTA**

A planta de tomate é considerada perene, de porte arbustivo, sendo cultivada como anual. Esta pode desenvolver-se de forma rasteira, semi-ereta ou ereta, apresentando dois hábitos de crescimento, o determinado e o indeterminado podendo chegar neste caso a 10m de altura em um ano (ALVARENGA, 2013).

As cultivares de hábito de crescimento indeterminado produzem frutos destinados ao consumo in natura. Nestas plantas as gemas laterais possuem menor desenvolvimento devido à dominância da gema apical. A planta possui vigoroso e contínuo crescimento vegetativo juntamente com a produção de flores e frutos. Por outro lado, as cultivares de hábito de crescimento determinado apresentam crescimento vegetativo menos vigoroso. Estas plantas possuem desenvolvimento de forma rasteira e os frutos são destinados à agroindústria. Suas hastes atingem apenas um metro, apresentando cacho de flores na extremidade (FILGUEIRA, 2008).

No início do desenvolvimento o caule da planta de tomate é ereto, herbáceo, suculento e coberto por pelos glandulares ou não glandulares que emergem da epiderme. O córtex localiza-se abaixo da epiderme. Suas células mais externas possuem clorofila e, portanto, realizam fotossíntese. Já as células mais internas são do tipo colenquimático e auxiliam no suporte da planta (ALVARENGA, 2013).

O sistema radicular do tomateiro é constituído por uma raiz principal, raízes secundárias e adventícias, sendo que 70% das raízes se localizam superficialmente a menos

de 20 cm da superfície do solo. A raiz principal pode alcançar 1,5m de profundidade desde que não aconteça interrupção no crescimento, como no transplante de mudas em que várias raízes podem ser arrebetadas. Neste caso as raízes secundárias devido ao seu rápido desenvolvimento, tornam-se superficiais e ramificadas (ALVARENGA, 2013).

As flores do tomateiro agrupam-se em forma de cachos. Essas são hermafroditas, o que dificulta a fecundação cruzada (menor que 5%). No entanto, insetos polinizadores como as abelhas podem ocasionar esse cruzamento. As flores são pequenas e amarelas. Essas são hipóginas, possuem cinco ou mais sépalas e também pétalas, estando estas dispostas de forma helicoidal, contendo o mesmo número de estames e com um ovário bi ou plurilocular (ALVARENGA, 2013). Os frutos constituem-se em bagas carnosas, suculentas, com aspecto, tamanho e peso variados, conforme a cultivar. Em sua grande maioria, os frutos apresentam coloração vermelho vivo quando maduros. Esta é resultante da combinação da cor da polpa com a película amarela. A pigmentação vermelha é devido à substância conhecida como licopeno, ao qual é atribuído a propriedade anticancerígena. Esse pigmento também é responsável pela atrativa coloração vermelha observada no tomate industrial e nos produtos originários deste (FILGUEIRA, 2008).

## **2.2 EXIGÊNCIAS DO MERCADO**

A demanda por frutos com qualidade e isentos de defensivos fitossanitários é crescente nos dias atuais. O consumidor avalia nos frutos parâmetros como firmeza, coloração uniforme e presença de danos físicos (ALVARENGA et al., 2013a; ANDREUCETTI et al., 2005). Os critérios de preferência do consumidor relacionado a um fruto particular de tomate divide-se em quatro categorias: qualidade, variedade, tamanho e tipo de embalagem (CARVER, 2008). Embora dados não oficiais apontem que ainda existem uma população que estão em busca de preços promocionais do produto desprezando outros pontos importantes na hora da escolha do fruto.

Nas indústrias de processamento, a qualidade da matéria-prima determina a qualidade do produto final. Para os consumidores do fruto in natura, a qualidade está vinculada às características que aqueles atribuem conscientemente ou inconscientemente como adequadas. Existem diferentes atributos desejáveis em tomate, de acordo com a finalidade almejada, como teor de sólidos solúveis totais (°Brix), viscosidade, sabor, acidez, cor, espessura do

pericarpo e facilidade de remoção da pele dos frutos (MELO e VILELA, 2005). O consumidor antes de adquirir o produto avalia suas características físicas, identificando de forma visual a existência de defeitos. A presença de deformidades no fruto implica na sua rejeição no momento da compra.

Alguns critérios de rejeição considerados como defeitos graves nos frutos são a podridão, fruto passado, queimado, dano causado por geada e podridão apical. A podridão pode ser provocada por patógenos e /ou processo fisiológico, acarretando em decomposição, desintegração ou fermentação dos tecidos. A perda de firmeza é observada em frutos com avançado estágio de maturação ou senescência, sendo conhecido como passado. O defeito queimado é provocado pela ação dos raios solares que atingem a epiderme alterando a coloração da mesma para marrom. O dano causado por geada provoca perda de consistência e promove a formação de zonas necrosadas no fruto. Já a podridão apical consiste em dano fisiológico, sendo caracterizada por necrose seca na região apical do fruto. Esta é considerada defeito, quando a lesão é maior que 1cm<sup>2</sup> (BRASIL, 2008). A podridão apical é causada devido à deficiência de cálcio. O excesso de sais solúveis na solução do solo, a utilização de cultivares sensíveis e principalmente o déficit hídrico contribuem para evidenciar o sintoma. Além disso, o cálcio é relativamente imóvel nos vasos condutores da planta, devendo ser direcionado as partes jovens quando efetuada a aplicação foliar do nutriente (ALVARENGA, 2013).

Os defeitos leves são caracterizados por dano, mancha, fruto ocado, deformado e imaturo. O dano consiste em lesão causada por injúria mecânica, processo fisiológico ou ataque de pragas. Fruto manchado corresponde à alteração na sua coloração normal, sendo a mancha considerada defeito quando a parte afetada superar 10% da superfície do fruto. Os frutos que apresentam mau desenvolvimento do conteúdo lobular, apresentam vazios, e são conhecidos como ocados. A alteração da forma característica do genótipo é denominada fruto deformado. Enquanto o fruto imaturo é aquele que não alcançou o estágio de maturação ideal ou comercial, que consiste no início do amarelecimento da região apical do fruto (BRASIL, 2008).

### **3. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO TOMATE**

O atributo químico está relacionado à composição química do fruto. As principais variáveis relacionadas são o teor de sólidos solúveis, acidez total titulável, pH, vitaminas, licopeno, carotenóides, fenóis, proteína, fibras, dentre outros (MODOLON et al., 2012; ALVARENGA e COELHO, 2013).

### **3.1. Teor de Sólidos Solúveis**

O teor de sólidos solúveis (SS) é um importante atributo de qualidade durante o estágio de amadurecimento para muitas frutas frescas (SIDDIQUI et al., 2015). O SS se caracteriza pelas substâncias dissolvidas no conteúdo celular. Entre estas se destacam as vitaminas, pectinas, fenóis, ácidos orgânicos, pigmentos e principalmente os açúcares que representam 85 a 90% dos SS (CHITARRA e ALVEZ, 2001; CHITARRA e CHITARRA, 2005b). O SS é determinado em °Brix por meio de um instrumento chamado refratômetro.

A quantidade de açúcares armazenados em frutos de tomate é o principal constituinte da qualidade pós-colheita, estando diretamente relacionado ao seu sabor (BECKLES, 2012; RAMOS et al., 2013). Este influencia o rendimento, a consistência e a qualidade do produto final (SIDDIQUI et al., 2015). O teor de SS é influenciado pela adubação, temperatura, irrigação e principalmente pelo caráter genético da cultivar (RAMOS et al., 2013). Esse atributo aumenta concomitantemente com a evolução do estágio de amadurecimento do fruto (GAUTIER et al., 2008). O material que apresenta frutos com teor de SS acima de 3°Brix pode ter a sua produção comercializada no mercado de fruto in natura (SCHWARZ et al., 2013).

O SS presente no tomate destinado ao processamento industrial é de fundamental importância para a fabricação de produtos industriais. Baixos níveis de SST implicam em menor diluição do custo fixo de produção, aumentam o gasto com colheita e transporte além dos gastos no processo industrial propriamente dito (SOARES e RANGEL, 2012). O rendimento industrial aumenta, em média, 10 a 20% a cada grau brix incrementado na matéria-prima (ALVARENGA e COELHO, 2013; BOITEUX et al., 2012). Este valor deve ser de no mínimo 5°Brix (CEMEROGLU et al., 2003; MELO e VILELA, 2005). Valores de SS acima deste valor ocorrem em frutos de alta qualidade organoléptica (MORGAN, 2004).

A ocorrência de baixos índices de radiação fotossinteticamente ativa assim como e a eliminação ou perdas de folhas durante o cultivo e, ainda a colheita de frutos imaturos



contribuem para a redução do teor de açúcares no fruto. Cem gramas de frutos de tomate maduro in natura possuem em sua composição em média 4,5g de SS.

### **3.2. pH**

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a quantidade de íons de hidrogênio livres no meio (IAL, 2008). Os alimentos são classificados em três grupos conforme o pH. Os alimentos pouco ácidos apresentam pH acima de 4,5; os alimentos ácidos possuem pH entre 4,0 e 4,5 e os muito ácidos pH menor que 4,0 (GAVA et al., 2009).

O pH inferior a 4,5 inibe a proliferação de microrganismos no produto final, sendo que valores superiores a este, implica em maiores períodos de esterilização aumentando conseqüentemente o consumo de energia e o custo do processamento. Enquanto valores de pH menor que quatro pode tornar o sabor do produto final exageradamente ácido, o que não é desejável ao consumidor (SOARES e RANGEL, 2012). Este atributo de qualidade é dependente de fatores como práticas culturais, local de cultivo, alterações sazonais e cultivares (FAVATI et al., 2009).

A avaliação do pH pode ser efetuada por meio colorimétrico ou eletrométrico. O primeiro é realizado utilizando-se substâncias indicadoras que alteram a coloração da solução perante determinadas concentrações de íons de hidrogênio. Este é um processo de execução limitado, pois as medidas são aproximadas além de não poder se aplicado em soluções intensamente coloridas, bem como aquelas que possam absorver o indicador, conseqüentemente fornecendo resultados incorretos. O processo eletrométrico é efetutado por meio da utilização de aparelhos denominados potenciômetros que permitem a determinação direta e precisa do pH (IAL, 2008).

### **3.3. Acidez**

A acidez corresponde à presença de ácido no produto. Em frutos os ácidos comumente encontrados são o cítrico e o málico, sendo o primeiro considerado referência para a estimativa da acidez (MORENO et al., 2015). A acidez total titulável mensura a quantidade de ácidos orgânicos, indicando a adstringência do fruto e influenciando o seu sabor (GIORDANO et al., 2000). Essa variável é quantificada em laboratório por meio da

titulometria de neutralização com hidróxido de sódio até que a solução (casca e polpa de tomate triturados) atinja o ponto de viragem por meio do indicador fenolftaleína (IAL, 2008). Os ácidos orgânicos são encontrados dissolvidos no vacúolo celular. Estes podem estar na forma livre ou associados a sais, ésteres e glicosídeos dentre outros. O teor de ácidos orgânicos geralmente é reduzido com a maturação dos frutos, podendo este funcionar como substrato no processo de respiração ou ser convertido em açúcares.

A acidez influencia o sabor e interfere no período de aquecimento necessário para esterilização dos produtos de tomate industrializados (SOARES e RANGEL, 2012). O tomate é considerado um fruto ácido. Devido a esse motivo, para se realizar a destruição de microrganismos e processar um produto saudável, com qualidade e seguro ao consumidor, o tomate não precisa passar por tratamento com temperaturas muito altas como os alimentos considerados de baixa acidez (ANTHON e BARRETT, 2012).

As práticas agrônômicas como irrigação, fertilização e desbaste, além das condições climáticas e estágio de maturação influenciam a acidez do fruto (ETIENNE et al., 2013; RAMOS et al., 2013). Este atributo de qualidade possui correlação negativa com o pH (CAUSSE et al., 2003).

### **3.4. Relação sólidos solúveis (SST) e acidez total titulável (ATT)**

A relação SST e ATT fornecem uma indicação do sabor do produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005a). Essa assinala o equilíbrio entre o sabor doce e ácido dos alimentos, influenciando a escolha do consumidor. Este pode rejeitar um determinado fruto caso sua acidez seja muito reduzida em comparação ao teor de SST (PACCO et al., 2014).

A alta qualidade dos frutos está associada à quantidade de acidez titulável acima de 0,32% e 3% de SS, sendo o valor da relação SST/ATT superior a dez, o que representa frutos mais saborosos (KADER et al., 1978). O aumento da temperatura melhora a qualidade gustativa do fruto, pois o valor desta relação torna-se maior devido o aumento no teor de SST e redução da acidez titulável (GAUTIER et al., 2008).

### **3.5. Vitamina C**

As vitaminas são responsáveis pela prevenção de diversas doenças em humanos, além de serem essenciais na regulação da produção do etileno durante o crescimento e desenvolvimento da planta (BALDET et al., 2014). A vitamina C (ácido ascórbico) é considerada um poderoso antioxidante, sendo o mais eficaz no plasma sanguíneo devido a sua alta solubilidade em água e eficiência em eliminar oxigênio reativo (FREI et al., 1990). Este reage com os radicais livres reduzindo o seu efeito maléfico no organismo (COUTO e CANNIATTI-BRAZACA, 2010). O excesso de radicais livres produzidos está associado a diversas doenças como câncer, diabetes, cirrose, doenças relacionadas ao sistema cardiovascular, desordens neurológicas como doença de Alzheimer e Parkinson e ao envelhecimento precoce (VALKO et al., 2007).

O ácido ascórbico não é sintetizado pelo organismo humano, sendo necessária a sua ingestão por meio dos alimentos (GALLAGHER, 2012). Os produtos de origem vegetal conseguem suprir grande parte das vitaminas essenciais ao organismo, no entanto a importância maior destes alimentos está associada ao suprimento de vitamina C. Esta é encontrada em tecidos vegetais como ácido ascórbico (AA) que consiste em sua forma reduzida, ou na forma oxidada como ácido deidroascórbico (DHA) (CHITARRA e CHITARRA, 2005b). Quase toda a vitamina extracelular existe na forma de AA (> 99,5%) e quantidades ínfimas (< 0,5%) são encontradas na forma de DHA (SKEAFF, 2009). O ácido ascórbico possui a capacidade de prevenir o envelhecimento precoce (SOUZA et al., 2013), além de prevenir contra doença cardiovascular, acidente vascular cerebral, câncer, doenças neurodegenerativas e catarata (FERREIRA et al., 2009). A adequada ingestão de vitamina C retarda o aparecimento e a progressão da doença de Alzheimer (HARRISON, 2012). Segundo Hampl et al. (2004) níveis séricos de vitamina C menores que 11  $\mu\text{mol/L}$  são considerados deficientes, níveis entre 11 a 28  $\mu\text{mol L}^{-1}$  quantidade reduzida e, teores maiores que 28  $\mu\text{mol/L}$  são considerados normais, embora a quantidade ideal seja de 40  $\mu\text{mol L}^{-1}$  (HARRISON, 2012).

A quantidade de vitamina C no fruto é dependente do cultivar e varia de (18 a 40 mg em 100 g do fruto) conforme as condições agrônômicas (SINGH et al., 2010; ALVARENGA e COELHO, 2013). Os teores desta vitamina normalmente diminuem com a maturação e armazenamento de muitos vegetais. Isso acontece devido à ação da enzima ácido ascórbico oxidase (ascorbinase) ou por meio da ação de enzimas oxidantes como a peroxidase (CHITARRA e CHITARRA, 2005b). Temperaturas elevadas e redução na adubação

nitrogenada promovem incremento no teor de vitamina C (BÉNARD et al., 2009; ROSALES et al., 2011).

O teor de vitamina C é quantificado em laboratório por meio do método de determinação com iodato de potássio (IAL, 2008), também conforme a técnica recomendada pela AOAC (2016) e por meio da cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (BARCIA et al., 2010). O primeiro método é utilizado em alimentos in natura, quando o teor de vitamina C for superior a cinco miligramas, sendo baseado na oxidação do ácido ascórbico pelo iodato de potássio. O segundo método tem como princípio a redução do corante indicador de oxi-redução 2,6-dicloroindofenol a uma solução incolor. A vitamina então é extraída, sendo a titulação realizada em presença de ácido metafosfórico para manter a acidez apropriada para que a reação aconteça, evitando a auto-oxidação de ácido ascórbico a altos valores de pH. No terceiro método é utilizado o detector de UV-Visível para determinar o teor de ácido ascórbico com comprimento de onda de 254 nm.

#### **4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO TOMATE**

A análise física de frutos envolve a coloração, massa, tamanho, formato, firmeza da polpa, diâmetro longitudinal e transversal dentre outros. Essas características determinam a qualidade do fruto, influenciando a sua aparência e sendo um atrativo ao consumidor (ROSA et al., 2011) além de serem características importantes no melhoramento genético da cultura (ALVARENGA et al., 2013b).

##### **4.1. Parâmetros de cor**

A cor é um importante atributo de qualidade de frutos de tomate, sendo esse caráter o mais atrativo para o consumidor, variando entre as espécies e cultivares (CHITARRA e CHITARRA, 2005b). A determinação da cor em frutos pode ser efetuada por meio do equipamento chamado colorímetro (AMARANTE et al., 2008) e também pelo método subjetivo, utilizando-se escalas de cor. O tomate é classificado em cinco subgrupos de acordo com a sua cor, em função do estágio de maturação. Os subgrupos são verde maduro, pintado (de vez), rosado, vermelho e vermelho maduro (BRASIL, 2008).

A cor na indústria alimentícia prediz a coloração dos produtos acabados, que também é dependente do grau de maturidade do fruto, dos tratamentos tecnológicos efetuados e condições de armazenamento dentre outros fatores (STINCO et al., 2013). A cor é um dos fatores determinantes no preço da polpa, sendo um parâmetro importante na classificação do produto industrializado. O fruto direcionado à indústria deve ser de coloração vermelho intensa e uniforme tanto externamente quanto na parte interna (SOARES e RANGEL, 2012).

A medição de cor é efetuada por meio de instrumentos como colorímetros e espectrofotômetros. Estes possuem a vantagem de eliminar a subjetividade existente quando se realiza a análise visual. As cores são representadas em um espaço conhecido como CIELAB que se baseia em medições físicas e em transformações psicofísicas (RÉGULA, 2004). Neste espaço psicométrico as cores são descritas pelos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  ou pelo uso de coordenadas cilíndricas de luminosidade ( $L^*$ ), tonalidade ( $H^*$ ) e Cromo ( $C^*$ ) que estão relacionadas com a coordenada Munsell (Figura 1). A figura 2 resume as três características na forma de ordenação de cores.

O parâmetro  $a^*$  informa sobre o desenvolvimento da cor vermelha do fruto de tomate e o seu grau de amadurecimento (AHMED et al., 2011). Valores positivos de  $a^*$  indicam cor vermelha e negativo a cor verde. A coordenada  $b^*$  refere-se à cor amarela se o valor for positivo e azul quando este for negativo. O  $L^*$  indica luminosidade (negro-branco) (CARNEIRO, 2010).

O parâmetro  $H^*$  ou “hue” indica a qualidade da cor, referindo-se a tonalidade desta. Este termo na literatura pode ser encontrado como matiz, tom ou simplesmente cor. O Cromo é a qualidade da cor que permite discriminar a cor mais escura da clara, relacionando-se com a quantidade de cor existente. Na literatura o Cromo é conhecido como saturação, intensidade, vivacidade, pureza, cromaticidade e profundidade (RÉGULA, 2004).

Os valores de  $L^*$  e  $H^*$  diminuem proporcionalmente ao amadurecimento do fruto. Esse decréscimo indica escurecimento do fruto de tomate devido a alterações no nível de pigmento, mudança da coloração verde para o vermelho por exemplo. Concomitantemente a esse processo o valor de  $a^*$  e  $C^*$  aumentam com o amadurecimento do fruto (STINCO et al., 2013; ZHANG et al., 2014).

#### **4.2. Tamanho, formato e massa de frutos**

O tamanho, o formato e a massa média do fruto são importantes atributos de qualidade nutricional. Tais parâmetros estão relacionados com a uniformidade do produto final (SIDDIQUI et al., 2015). O tamanho do fruto é mensurado com auxílio de um paquímetro e a massa é aferida por meio da pesagem do fruto em balança.

O fruto, de acordo com o seu formato, é classificado em oblongo (diâmetro longitudinal maior que o transversal) e redondo (diâmetro longitudinal menor ou igual ao transversal). A massa média do fruto é importante componente da produção, estando relacionado com a qualidade dos frutos. Essa variável expressa indiretamente o tamanho do fruto (KOETZ et al., 2010), constituindo-se uma característica varietal (CHITARRA e CHITARRA, 2005b). Segundo Chakraborty et al. (2007) o formato e tamanho do fruto possuem relação com sua firmeza. Frutos de formato oval possuem maior espessura de pericarpo, sendo conseqüentemente mais firmes que frutos de outros formatos.

A forma dos frutos é importante na caracterização de cultivares, influenciando na escolha do consumidor, nas práticas de manuseio na indústria, no potencial de armazenamento, na seleção de mercado e no destino final, se consumo in natura ou industrialização (CHITARRA e CHITARRA, 2005b). Dependendo do tipo de produto de tomate processado existe preferência pelo formato do fruto. Os frutos de formato periforme e oblongos são os preferidos para produção de tomate pelado inteiro e em cubos. Enquanto para a fabricação de extrato, polpa concentrada e catchup o formato não é expressivo. Frutos com diâmetro menor que 3 cm não são recomendados, devido o seu baixo rendimento na colheita. Diante da dificuldade em se encontrar híbridos que aliem todas essas características, os produtores optam por cultivares que combinem alta produtividade, qualidade e que atendam a demanda da indústria (SOARES e RANGEL, 2012).

### **4.3 Firmeza**

A dureza ou firmeza dos tecidos vegetais está associada à força necessária para que o produto atinja uma dada deformação. Essa se relaciona com a composição, estrutura e integridade da parede celular. As enzimas hidrolíticas como pectinametilesterase, poligalacturonase, celulase e outras glucanidrolases e transglucosidades presentes na parede celular são responsáveis pela degradação de carboidratos estruturais como a pectina, sendo responsáveis pelo amolecimento do fruto. À medida que a maturação evolui, ocorre

decomposição de macromoléculas como protopectinas, celulose, hemicelulose e amido reduzindo a força coesiva que mantém as células da parede celular unidas e consequentemente provocando a perda de firmeza (CHITARRA e CHITARRA, 2005b; ALVARENGA e COELHO, 2013).

A firmeza pode ser aferida por meio de equipamentos conhecido como penetrômetro e texturômetro ou por meio do método de aplanação, utilizando-se um instrumento chamado aplanador, sendo expresso em  $N\ mm^{-2}$  (CALBO e NERY, 1995). Estes três métodos são destrutivos. Existe também a medida da firmeza de forma manual, apertando-se o fruto com o polegar. No entanto, é necessário experiência na identificação do resultado.

Maior espessura do pericarpo reflete em frutos mais firmes, e com maior resistência ao transporte e consequentemente vida útil mais prolongada (GARG et al., 2013; SIDDIQUI et al., 2015). A firmeza é uma das exigências de mercado para a comercialização do fruto in natura (RAMOS et al., 2013).

#### **4.4 Produtividade**

A produtividade do tomateiro é uma característica importante no melhoramento genético do tomateiro, sendo um dos fatores que amenizam o impacto do aumento nos custos de produção (DELEO et al., 2015). Os genótipos produtivos são selecionados durante o processo de melhoramento. Atualmente no Brasil todas as cultivares de tomate cultivadas são híbridas. Essas cultivares garantem maior rendimento por hectare, resistência a pragas e doenças, menor perda pós-colheita dentre outras características (CARVALHO e PAGLIUCA, 2007; ALVARENGA et al., 2013b).

A produtividade média do Brasil em 2015 foi de  $63,74\ t\ ha^{-1}$ . A região Centro Oeste foi a que teve maior participação com média de  $85,18\ t\ ha^{-1}$  seguido do Sudeste com  $68,62\ t\ ha^{-1}$  e Sul com  $57,08\ t\ ha^{-1}$  (AGRIANUAL, 2016). Um bom rendimento comercial na cultura do tomate sob irrigação varia de  $45\ a\ 65\ t\ ha^{-1}$  de frutas frescas (FAO, 2015).

A determinação da produtividade é realizada por meio da quantificação da média entre a massa dos frutos de oito plantas por parcela. Posteriormente esse valor é multiplicado por 30000 (quantidade aproximada de plantas por hectare). Este resultado é dividido por 1000 para que o valor da variável seja convertida de  $kg\ ha^{-1}$  para  $t\ ha^{-1}$  (FONTES et al., 2006).

#### **4.5. Uniformidade de maturação**

A uniformidade de maturação é uma característica relevante no processo de seleção do melhoramento genético de tomateiro para processamento industrial (Boiteux et al., 2012). Essa é influenciada pelas condições climáticas, teor de umidade no solo e época de paralisação ou redução da irrigação (SOARES e RANGEL, 2012).

O gene “self pruning” (autopoda) é característico do tomateiro industrial. Esse é responsável pelo hábito de crescimento determinado, uniformizando a maturação e consequentemente permitindo a realização de colheitas concentradas (BOITEUX et al., 2012).

Poucas mutações são envolvidas com a qualidade do fruto principalmente com o amadurecimento têm sido observadas. Estudos de locus (lugar específico no comossomo onde está localizado determinado gene) controladores de características quantitativas revelaram uma série de regiões genômicas relacionadas às características de qualidade do fruto. Essas características são complexas devido aos inúmeros fatores envolvidos e por ser dependente das condições ambientais ao longo do desenvolvimento da planta e do fruto (QUILOT-TURION e CAUSSE, 2014).

A uniformidade de maturação é determinada em função da produção de frutos maduros e produção total. Essa é dada por meio da fórmula  $[UM\% = (FM \div PT) \times 100]$ , em que UM: uniformidade de maturação, FM: produção de frutos maduros e PT: produção total (ARAGÃO et al., 2004).

#### **5. CONCLUSÃO**

A cultura do tomate é geradora de emprego e renda. A identificação de cultivares de tomate que combinem alta produção, qualidade nutricional, boa aparência externa do fruto, resistência a pragas e doenças e que demandem menor quantidade de água durante o seu ciclo são fundamentais. A caracterização e avaliação de diferentes genótipos de tomateiro auxiliam na obtenção de informações de características de interesse como produtividade, massa de frutos, espessura de polpa, teor de sólidos solúveis, acidez, resistência a pragas e doenças, valor nutricional, a relação entre diferentes atributos como número de ramos foliares e ráculos florais, uniformidade de maturação dentre outros. A seleção de genótipos



superiores nas condições edafoclimáticas do Brasil é importante para a obtenção de produtos resistentes e aparência desejável. Assim é possível analisar a diversidade genética dos genótipos e o seu potencial de utilização em programas de melhoramento.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a CVR Plant Breeding e Vivati, à equipe de campo da Universidade Federal de Goiás, à Bayer CropScience e Capes pelo apoio prestado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira: Tomate**. 19 ed. São Paulo: Informa economics FNP. 2014. p. 440-446, 480p.

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira: Tomate**. 21 ed. São Paulo: Informa economics FNP. 2016. p. 435-441, 470p.

AHMED, L.; MARTIN-DIANA, A. B.; RICO, D.; et al. Quality and nutritional status of fresh-cut tomato as affected by spraying of delactosed whey permeate compared to industrial washing treatment. **Food and bioprocess technology**, New York, v. 5, n. 8, p. 1-12, 2011.

ALVARENGA, M. A. R. Origem, Botânica e descrição da planta. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2.ed. rev. e ampl. Lavras: Editora Lavras, 2013. cap.1, p. 11-21.

ALVARENGA, M. A. R.; COELHO, F. S. Valor Nutricional. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. cap.2, p. 23-29.

ALVARENGA, M. A. R.; COELHO, F. S.; SOUZA, R. A. M. Colheita, classificação, embalagens e pós-colheita. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013 a, cap. 14, p. 413-446.

ALVARENGA, M. A. R.; MELO, P. C. T.; SHIRAHIGE, F. H. Cultivares. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2.ed. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013 b, cap. 4, p.39-62.

AMARANTE, C. V. T.; BISOGNIN, D. A.; STEFFENS, C. A.; et al. Quantificação não destrutiva de clorofilas em folhas através de método colorimétrico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n. 4, p. 471-475, 2008.

ANDREUC CETTI, C.; FERREIRA, M. D.; TAVARES, M. Perfil dos compradores de tomate de mesa em supermercados da região de Campinas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 148-153, 2005.

ANTHON, G. E.; BARRETT, D. M. Pectin methylesterase activity and other factors affecting pH and titratable acidity in processing tomatoes. **Food Chemistry**, Barking, v.132, n.2, p.915-920, 2012.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 20th ed. Gaithersburg: AOAC, 2016.

ARAGÃO, F. A. S.; GIORDANO, L. B.; MELO, P. C. T; et al. Desempenho de híbridos experimentais de tomateiro para processamento industrial nas condições edafo-climáticas do cerrado brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p. 529-533, 2004.

BALDET, P.; FERRAND, C.; ROTHAN, C. Vitamins in fleshy fruits. In: NATH, P.; BOUZAYEN, M.; MATTOO, A. K.; et al. **Fruit ripening: physiology, signalling and genomics**. 1 ed. Croydon: CAB International, 2014, cap. 8, p. 127-150.

BARCIA, M. T.; JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B. et al. Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.2, p. 381-390, 2010.

BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 63, n.1, p. 129-140, 2012.

BÉNARD, C.; GAUTIER, H.; BOURGAUD, F.; et al. Effects of Low Nitrogen Supply on Tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v.57, n.10, p.4112–4123, 2009.

BOITEUX, L. S.; FONSECA, M. E. de N.; GIORDANO, L. de B.; et al. Melhoramento Genético. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. **Produção de tomate para processamento industrial**. 1ed. Brasília: Embrapa, 2012, cap. 2, p.31-50.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA. Portaria nº 553 de 30 de agosto de 1995. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília: Imprensa Oficial, 2008, p. 25.

CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n. 1, p. 14-18, 1995.

CARNEIRO, J. **Análise da reflectância de argamassas**. Relatório Técnico. Braga: Universidade do Minho, 2010. 7p.

- CARVALHO, J. L.; PAGLIUCA, L.G. Tomate, um mercado que não para de crescer globalmente. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 6, n. 58, p. 6-14, 2007.
- CARVER, G. W.; BENTON JÚNIOR, J. J. **Tomato plant culture**: in the field, greenhouse, and home garden. 2.ed. United States: CRC Press, 2008. 399 p.
- CAUSSE, M.; BURET, M.; ROBINI, K.; et al. Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relation to consumer preferences. **Journal of food science**, Champaign, v. 68, n.7, p. 2342-2350, 2003.
- CEMEROGLU, B.; KARADENIZ, F.; OZKAN, M. Meyve sebze isleme teknolojisi. **Gıda Teknolojisi Yayınları**, Istanbul, v.28, p. 469–472, 2003.
- CHAKRABORTY, I.; VANLALLIANI; CHATTOPADHYAY, A.; et al. Studies on processing and nutritional qualities of tomato as influenced by genotypes and environment. **Vegetable Science**, Varanasi, v. 34, n. 1, p. 26-31, 2007.
- CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. **Tecnologia de pós-colheita para frutos tropicais**. Fortaleza: Frutal-Sindifruta, 2001. v. 1, 314 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Fatores pré-colheita e colheita. In: CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. (Eds.). **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: Fisiologia e manuseio. 2 ed. ver. e ampl. Lavras: UFLA, 2005 a. cap. 4, p. 203-282.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Qualidade pós-colheita. In: CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. (Eds.). **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: Fisiologia e manuseio. 2ed. ver. e ampl. Lavras: UFLA, 2005 b. cap.8, p.541-734.
- COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n. 1, p.15-19, mai. 2010.
- DELEO, J. P. B.; TANUS, T. C. T.; BOTEON, M. Gestão sustentável – Tomate. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v.14, n.146, p. 29, 2015.
- ETIENNE, A.; GÉNARD, M.; LOBIT, P.; et al. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 64, n. 6, p.1451-1469, 2013.
- FAVATI, F.; LOVELLI, S.; GALGANO, F.; et al. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.122, n.4, p.562-571, 2009.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Crop Water Information: Tomato. Disponível em:  
<[http://www.fao.org/nr/water/cropinfo\\_tomato.html](http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_tomato.html)>. Acesso em: 09 mar. 2017.
- FERREIRA, I. C.; BARROS, L.; ABREU, R. M. Antioxidants in wild mushrooms. **Current Medicinal Chemistry**, Schiphol, v.16, n.12, p.1543-1560, 2009.

FERREIRA, S. M. R.; QUADROS, D. A.; KARKLE, E. N. L.; et al. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.4, p.858-864, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FONTES, P. C. R.; NOVO, A. A. C.; SILVA, D. J. H. da; et al. Produtividade do tomateiro em ambiente protegido no solo e em substrato. **Revista Ceres**, Viçosa, v.53, n.305, p.99-106, 2006.

FONTES P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Olericultura teoria e prática**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2005. 486 p.

FREI, B.; STOCKER, R.; ENGLAND, L.; et al. Ascorbate: the most effective antioxidant in human blood plasma. **Advances in experimental medicine and biology journal**, Oxford, v. 264; p.155–163, 1990.

GALLAGHER, M. L. Ingestão: Os nutrientes e o seu metabolismo. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S.; RAYMOND, J. L. (Eds.). **Krause**: Alimentos, nutrição e dietoterapia. 13 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, cap. 3, p.32-125.

GARG, N.; CHEEMA, DS.; CHAWLA, N. Manifestation of heterosis for fruit yield, quality and shelf-life in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) hybrids incorporating *rin*, *nor* or *alc* alleles in main- and late-seasons of north Indian plains. **Vegetable Science**, Varanasi, v. 40, n.1, p.28-33, 2013.

GAUTIER, H.; DIAKOU-VERDIN, V.; BÉNARD, C.; et al. How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance? **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 56, n.4, p.1241-1250, 2008.

GAVA, A. J., SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos**: princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 2009, 511 p.

GIORDANO, L. de B.; RIBEIRO, C. S. da C. Origem, Botânica e Composição Química do Fruto. In: SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. de B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, 2000. p.12-17; 168 p.

HAMPL, J. S.; TAYLOR, C. A.; JOHNSTON, C. S. Vitamin C deficiency and depletion in the United States: the third national health and nutrition examination survey, 1988 to 1994. **American Journal of Public Health**, New York, v. 94, n.5, p.870–875, may. 2004.

HARRISON, F. E. A critical review of Vitamin C for the prevention of age-related cognitive decline and Alzheimer's disease. **Journal of Alzheimer's Disease**, Amsterdam, v. 29, n.4, p. 711–726, 2012.

HEINE, A. J. M. **Produção e qualidade do tomateiro híbrido Lumi sob adensamento e condução de hastes**. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração

em Fitotecnia)-Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, 2012.

HIRSCHLER, R. **Colorimetria aplicada na Indústria Têxtil**. Apostila. Rio de Janeiro: FaSeC-Faculdade, 2002.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção Agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil/ Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, v. 29, n.5, p.1-76, mai. 2015.

ILAHY, R.; HDIDER, C.; LENUCCI, M. S.; et al. Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.24, n.5, p.588-595, 2011.

JUDD, D. B.; WYSZECKI, G. **Colour in business, science and Industry (Wiley Series in Pure and Applied Optics)**. 3ed. New York: Wiley-Interscience, 1975, 576 p.

KADER, A. A.; MORRIS, L. L.; STEVENS, M. A.; et al. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 103, n. 1, p.6-13, 1978.

KOETZ, M.; MASCA, M. G. C. C.; CARNEIRO, L. C.; et al. Caracterização agrônômica e °brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, n.1, p.14–22, 2010.

MELO, P. C.T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 154-157, 2005.

MODOLON, T. A.; BOFF, P.; ROSA, J. M.; et al. Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro submetidos a preparados em altas diluições. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 58-63, 2012.

MOHAMED, S. M.; ALI, E. E.; MOHAMED, T. Y. Study of heritability and genetic variability among different plant and fruit characters of tomato (*Solanum lycopersicon* L.). **International Journal of Scientific & Technology Research**, Hershey, v.1, n.2, p.55-58, 2012.

MORENO, E. L.; MARTINS, E.; RAJAGOPAL, K. Basicidade e acidez, da pré-história aos dias atuais. **Revista virtual de química**, Rio de Janeiro, v.7, n.3, p. 893-902, 2015.

MORGAN, L. **Tomato fruit flavor and quality evaluation**. Part I. 2004. Disponível em: <[http:// www.fertcut.com/seach.cfm](http://www.fertcut.com/seach.cfm)>. Acesso em: 21 jul. 2015.

NASIR, M. U.; JABBAR, HUSSAIN, S.; JABBAR, S. Tomato processing, lycopene and health benefits: A review. **Science Letters**, Sargodha, v.3, n.1, p.1-5, 2015.

PACCO, H. C.; RINALDI, M. M.; SANDRI, D.; et al. Características de tomate producido con água tratada en interior y exterior de invernadero. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.32, n.4, p.417-425, 2014.

PANDEY, Y. R.; PUN, A. B.; UPADHYAY, K. P. Participatory varietal evaluation of rainy season tomato under plastic house condition. **Nepal Agriculture Research Journal**, Nepal, v.7, p.11-15, 2006.

QUILOT-TURION, B.; CAUSSE, M. Natural diversity and genetic control of fruit sensory quality. In: NATH, P.; BOUZAYEN, M.; MATTOO, A. K.; PECH, J. C. (Eds.). **Fruit ripening: physiology, signalling and genomics**. 1 ed. Croydon: CAB International, 2014, cap. 14, p.228-245.

RAMOS, A. R. P.; AMARO, A. C. E.; MACEDO, A. C.; et al. Qualidade de frutos de tomate 'giuliana' tratados com produtos de efeitos fisiológicos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.6, p.3543-3552, 2013.

RÉGULA, L. M. **Padrões virtuais e tolerâncias colorimétricas no controle instrumental das cores**. 2004. 223 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia para a Qualidade Industrial)- Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

RINCON, A. R. D. Manejo del cultivo extensivo para Industria. In.: NUEZ, F. **El cultivo del tomate**. Madri: Mundi-Prensa, 1995. 793 p.

ROSA, C. L. S.; SOARES, A. G.; FREITAS, D. D. G. C.; et al. O. Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (*Lycopersicon esculentum* Mill) do tipo 'heirloom' produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n.4, p. 649-656, 2011.

ROSALES, M. A.; CERVILLA, L. M.; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E.; et al. The effect of environmental conditions on nutritional quality of cherry tomato fruits: evaluation of two experimentalMediterranean greenhouses. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 91, n. 1, p. 152-162, 2011.

SCHWARZ, K.; RESENDE, J. T. V; PRECZENHAK, A. P.; et al. Desempenho agronômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.31, n.3, p.410-418,2013.

SIDDIQUI, M. W.; AYALA-ZAVALA, J. F.; DHUA, R. S. Genotypic variation in tomatoes affecting processing and antioxidant properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 55, n.13, p. 1819-1835, 2015.

SILVA, D. J. H. da.; VALE, F. X. R. do. **TOMATE: Tecnologia e Produção**. Viçosa: UFRV, 2007. 355 p.

SINGH, M.; WALIA, S.; KAUR, C.; et al. Processing characteristics of tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivars. **The Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 80, n. 2, p.174-176, 2010.

SKEAFF, M. Vitaminas C e E. In: MANN, J.; TRUSWELL, A. S. **Nutrição Humana**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. v. 1, cap.13, p.219-231.

SOARES, B. B.; RANGEL, R. Aspectos industriais da cultura. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (Eds.) **Produção de tomate para processamento industrial**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2012. v. 1, cap.15, p.331-344.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; FERREIRA, P. A.; et al. Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento primário da água residuária da suinocultura. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.18, n.3, p.198-207, 2010.

SOUZA, M. C.; SARTOR, C. F. P.; FELIPE, D. F. Comparação da ação antioxidante de uma formulação contendo extrato de *Pereskia aculeata* com cosméticos anti-idade presentes no mercado. **Revista Saúde e Pesquisa**, Maringá, v.6, n.3, p.461-477, set.-dez. 2013.  
STAJCIC´, S.; ´CETKOVIC´, G.; CANADANOVIC´-BRUNET, J.; et al. Tomato waste: Carotenoids content, antioxidant and cell growth activities. **Food Chemistry**, Barking, v. 172, n. 1, p.225-232, 2015.

STINCO, C. M.; RODRÍGUEZ-PULIDO, F. J.; ESCUDERO-GILETE, M. L.; et al. Lycopene isomers in fresh and processed tomato products: correlations with instrumental color measurements by digital image analysis and spectroradiometry. **Food Research International**, Ottawa, v.50, n.1, p.111-120, 2013.

VALKO, M.; LEIBFRITZ, D.; MONCOL, J.; et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, Exeter, v.39, n.1, p.44-84, 2007.

VICENTE, M. H.; ZSÖGÖN, A.; SÁ, A. F.L. de; et al. Semi-determinate growth habit adjusts the vegetative-to-reproductive balance and increases productivity and water-use efficiency in tomato (*Solanum lycopersicum*). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.177, n.1 p.11–19, 2015.

VILELA, N. J.; MELO, P. C. T.; BOITEUX, L. S.; et al. Perfil socioeconômico da cadeia agroindustrial no Brasil. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (Eds.). **Produção de tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, 2012. cap.1, p.17-27.

ZHANG, Z.; LIU, L.; ZHANG, M.; et al. Effect of carbon dioxide enrichment on health-promoting compounds and organoleptic properties of tomato fruits grown in greenhouse, **Food Chemistry**, Barking, v.153, p.157-163, jun. 2014.

**Figura 1.** Coordenadas cartesianas do espaço psicométrico CIELAB (Judd & Wyszecki, 1975).

**Figura 2.** Característica das cores (Hirschler, 2002).